

1.2. Поверхностное натяжение жидкостей. Капиллярность

Любая жидкость ограничена поверхностями раздела, отделяющими ее от какой-либо другой среды: вакуума, газа, твердого тела, другой жидкости. Энергия поверхностных молекул жидкости отлична от энергии молекул внутри жидкости именно в силу того, что те и другие имеют различных соседей: у внутренних молекул не соседи одинаковы, у поверхностных - одинаковые молекулы расположены только с одной стороны. Поверхностные молекулы при заданной температуре имеют определенную энергию; перевод этих молекул внутрь жидкости приведет к тому, что их энергия изменится (без изменения общей энергии жидкости).

Разность этих энергий носит название поверхностной энергии. Поверхностная энергия пропорциональна числу поверхностных молекул (т.е. площади поверхности раздела) и зависит от параметров соприкасающихся сред; это зависимость обычно характеризуется коэффициентом поверхностного натяжения.

Наличие поверхностной энергии вызывает появление сил поверхностного натяжения, стремящихся сократить поверхность раздела. Такое стремление есть следствие общего физического закона, согласно которому любая система стремится свести свою потенциальную энергию к минимуму. Поэтому жидкость, находящаяся в невесомости, будет принимать форму шара, поскольку поверхность шара минимальна среди всех поверхностей, ограничивающих заданный объем. В обычных условиях сила тяжести Земли приводит к тому, что жидкость принимает форму сосуда, в которой она налита. Конечно, поверхностные силы существуют и в твердых телах, но относительная малость этих сил не позволяет их изменить форму тела, хотя при определенных условиях поверхностные силы могут привести к сглаживанию ребер кристаллов.

Наличие сил поверхностного натяжения на поверхностях раздела сред приводит к появлению краевого угла на границе жидкость - стенка сосуда. Величина этого угла зависит только от природы трёх соприкасающихся сред (например, стекло-вода-воздух) и не зависит от формы сосуда. В зависимости от свойств соприкасающихся поверхностей наблюдается вогнутый или выпуклый мениск (явление смачивания и несмачивания). Силы поверхностного натяжения выдают изменение давления в жидкости, что, в свою очередь, вызывает подъем или опускание уровня жидкости в капиллярах; разница уровней жидкости в сосуде и в капилляре обеспечивает компенсацию избыточного давления.

Более подробно физика поверхностного слоя жидкости изложена в книге. Оно С, Кондо С, «Молекулярная теория поверхностного натяжения в жидкостях», изданной в переводе с английского в 1963г.

Капиллярные явления широко используются в технике (они же определяют ряд жизненно важных процессов в природе).

Пример

А.с. № 118936:

Способ лабораторного обезвоживания нефтяных продуктов, отличающийся тем, что с целью ускорения процесса в нефтепродукт помещают бумагу, по капиллярам которой вода поднимается и испаряется с поверхности.

@Горин Ю.В. Указатель физических эффектов и явлений для использования при решении изобретательских задач. <http://www.jlproj.org>

Капиллярные явления, по сути дела, определяют начальные стадии таких процессов, как конденсация паров, кипение жидкостей, кристаллизация, капиллярная конденсация. Флотация, миграция жидкостей в почве и растениях, пропитка различных пористых материалов - все это примеры процессов, в которых проявляется действие капиллярных явлений.

Исследования капиллярных явлений продолжается весьма интенсивно. Так, недавно был выдан диплом №109 на открытие ультразвукового капиллярного эффекта (акад. АН БССР Коновалов Е.Г.). Формула открытия гласит: «Экспериментально установлено неизвестное ранее явление аномального увеличения (в десятки раз) скорости и высоты подъема жидкости в капиллярах при непосредственном воздействии ультразвука и возрастание их с повышением температуры». На основе этого открытия разработан ряд новых способов металлообработки. Применение ультра звукового капиллярного эффекта при пропитке самых различных материалов дает поистине фантастические результаты. См. книгу Коновалов Е.Г., Основы новых способов металлообработки, а также авторское свидетельство № 152477 «Способ ультразвуковой пропитки пористых материалов».

Наложение электрического поля, вызывая появление скачка электрического потенциала на границе раздела двух фаз, изменяет поверхностное натяжение на этой границе, что, в свою очередь, может изменить обычную картину капиллярных явлений (См. напр. Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М., Электродинамика сплошных сред, или Фрумкин А.Н., Кинетика электродных процессов, М.1952 г.)

Приведем несколько примеров применения капиллярных явлений в различных областях техники.

А.с. № 225284:

Солнечный концентратор для термоэлектрогенератора, отличающийся тем, что с целью сохранения высокого коэффициента отражения в течение всего времени работы, его отражающая поверхность выполнена в виде сотовой, пористой или капиллярной структуры, заполненной расходуемым расплавленным металлом или сплавом, поступающим благодаря капиллярным силам с тыльной стороны концентратора.

А.е.279583:

Распределитель жидкости, например, в колоннах с насадкой состоящий из перфорированной плиты с укрепленными на ней трубками для подачи жидкости, отличающийся тем, что, с целью равномерного распределения жидкости при малых расходах, трубки выполнены в виде капилляров, нижние концы которых имеют косые срезы.

Патент ФРГ № 1291950:

Устройство для уменьшения трения с помощью пор, отличается тем, что диаметр пор по своему порядку соответствует диаметру капелек смазки, возникающих благодаря капиллярному эффекту.

А.с. № 252478:

@Горин Ю.В. Указатель физических эффектов и явлений для использования при решении изобретательских задач. <http://www.jlproj.org>

Способ повышения адгезии люминофорного или светорассеивающего слоя со стеклянной колбой лампы путем его увлажнения и последующего высушивания, отличающийся тем, что, с целью обеспечения равномерности слоя и улучшения условий ведения процесса,

увлажнение осуществляют путем капиллярного всасывания в нанесенное покрытие жидкости, которую для этого приводят в соприкосновение с любым местом покрытия, например с его нижним краем.

Автоматический дозатор из одной детали. Такой деталью служит перфорированная фторопластовая пленка. В этой пленке всегда задерживается одинаковый по высоте столбик жидкости. Фторопласт практически не смачивается - поэтому скорость истечения через отверстия зависит только от давления. Кроме отбора проб жидкости из потока, такой дозатор может служить и для измерения коэффициента поверхностного натяжения (ИР – 1967, № 5, стр.33).

А.с. № 276271:

Электропаяльник для отпайки, содержащий корпус с установленным на нем нагревательным элементом и узлом для отсоса припоя с наконечником, закрепленным на нагревательном элементе,

отличающийся тем, что, с целью упрощения конструкции узла отсоса, наконечник для отсоса припоя выполнен в виде пучка заключенных в металлическую трубку луженых проводов, образующих сквозные продольные капилляры.